

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

LUT Kone

BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

KONEDIREKTIIVIN VELVOITTAVA TURVALLISUUSUUNNITTELU  
SAFETY PLANNING OBLIGATED BY MACHINERY DIRECTIVE

Lappeenrannassa 16.10.2013

Tuomas Tuomaala

Tarkastaja: DI Merja Huhtala

## SISÄLLYSLUETTELO

### LYHENNELUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DIREKTIIVIN TAUSTAA</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>KONEDIREKTIIVI 2006/42/EY</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>STANDARDISOINTIJÄRJESTÖT</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>STANDARDIN SYNTY</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>DIREKTIIVI VELVOITTA A VALMISTAJIA</b> .....	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>CE-MERKINTÄ</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>KONETURVALLISUUSTANDARDIEN JAOTTELU</b> .....	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>KONEDIREKTIIVIN MUKAINEN TURVALLISUUSSUUNNITTELU</b> .....	<b>14</b>
9.1	Vaarojen tunnistus.....	15
9.2	Koneen raja-arvot.....	16
9.3	Riskin suuruuden arviointi .....	17
9.4	Riskin merkityksen arviointi .....	18
9.5	Riskin vähentämisen strategia.....	19
9.6	Luontaiset turvalliset suunnittelutoimenpiteet .....	20
9.6.1	Suojaustekniset toimenpiteet ja täydentävät suojaustoimenpiteet.....	21
9.6.2	Käyttöä koskevat tiedot.....	21
9.7	Riskin pienentämisen ja arvioinnin asiakirjat.....	22
9.8	Menetelmien esittely.....	22
9.8.1	Riskimatriisi .....	23
9.8.2	Riskigraafi.....	23
9.8.3	Numeerinen pisteytys .....	24
<b>10</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>26</b>

### LÄHTEET

**LYHENNELUETTELO**

CE	Conformité Européene
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
EFTA	Euroopan vapaakauppajärjestö
EN	Eurooppalainen standardi
ETA	Euroopan talousalue
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ETY	Euroopan talousyhteisön (EEC)
EY	Euroopan yhteisö
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
PS	Propability score
RS	Risk score, riskin numeerinen pisteytys
SESKO	Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardisoimisjärjestö
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SS	Severity score, vahingon esiintymistodennäköisyys
TAY	Toimialayhteisö
YK	Yhdistyneet kansakunnat

## 1 JOHDANTO

Kandidaatintyön tavoitteena on yleisellä tasolla selvittää mitä konedirektiivi käsittelee. Konedirektiivin myötä käydään läpi hieman standardien syntyä ja näiden taustalla olevia standardisointijärjestöjä.

Lisäksi Työssä käsitellään konedirektiivin velvoittavaa turvallisuussuunnittelua, johon kuuluvat riskitarkastelut. Työssä käydään läpi riskin arviointiprosessia ja yleisimmät riskin suuruuden arviointimenetelmät sekä niiden pääperiaatteet ja hieman dokumentointia.

Konedirektiivin tuntemus on tärkeää monille suunnittelijoille, valmistajille, laitetoimittajille, sekä koneen hyödyntäjille. Tästä syystä tutkimuksessa selvitetään yleisellä tasolla myös konedirektiivin taustoja. Tärkeää on myös ymmärtää direktiivin lähtökohdat, sekä standardien synty ja tahot, jotka ovat niiden takana. Tämä luo paremman pohjan turvallisuussuunnittelun toteuttamiselle.

Työn pääasialliset lähteet ovat kansainvälinen standardi SFS-EN ISO 12100:2010 ja tämän standardin mukaiseen koneiden riskin arviointiin oleva opastava tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2.

Työn tavoitteena on luoda helposti lähestyttävä kokonaisuus konedirektiivistä ja siihen liittyvästä turvallisuussuunnittelusta painottaen riskin arviointia. Monesti esimerkiksi suunnittelijoiden ei ole tarpeellista käydä konedirektiivin taustoja läpi, siksi työssä pyritään luomaan helposti omaksuttavan kokonaisuuden myös direktiivin ja siihen liittyvien standardien taustoista. Taustojen tunteminen luo mielekkäämmäksi ja tehokkaammaksi standardeihin perehtymisen.

## 2 DIREKTIIVIN TAUSTAA

Euroopan unionin sekä Euroopan talousalueen sisällä koneet ja muut tavarat voivat liikkua vapaasti, mikäli ne täyttävät turvallisuutta, kuluttajansuojelua, terveyttä ja ympäristöä koskevat olennaiset vaatimukset. Aikaisemmin Euroopan talousyhteisössä vaatimukset, kuten turvallisuusvaatimus, esitettiin yksityiskohtaisten direktiivien muodossa. EY päätti 1980-luvulla siirtyä uuteen menettelytapaan, jossa direktiiveissä esitetään vain yleiset vaatimukset. Vaatimuksia täsmennetään direktiiveihin liittyvissä standardeissa. Menetelmä esti itse direktiivien nopean vanhentumisen erityisesti uuden teknologian aloilla. Samalla myös direktiivien valmistelu on nopeutunut ja yksinkertaistunut. (SFS ry, 2012, s. 19.)

Suomalaisen lainsäädännön koneiden turvallisuudesta tekevät valtioneuvosto ja ministeriöt, joiden päätökset pohjautuvat EU:n direktiiviin. Koneiden turvallisuuden perusedirektiivi on niin sanottu konedirektiivi. EU:n konedirektiivi on ollut osa suomalaista lainsäädäntöä vuodesta 1994 lähtien. Tällöin suomen ja silloisten EFTA-maiden ja EY:n välinen ETA-sopimus astui voimaan. ETA alueen muodostavat EU:n jäsenmaat sekä Islanti, Liechtenstein ja Norja. (Siirilä, 2008, s. 27.)

### 3 KONEDIREKTIIVI 2006/42/EY

Ensimmäinen konedirektiivi (89/392/ETY) on annettu 14.6.1989. Direktiivin tarkoitus on ollut yhtenäistää koneita koskevaa lainsäädäntöä silloisissa jäsenvaltioissa. Tapaturmia ehkäisevä lainsäädäntö oli ollut eroavaa eri jäsenvaltioissa. Välttämättä erilainen lainsäädäntö ei merkinnyt heikompaa turvallisuuden tasoa, mutta erot hankaloittivat keskinäistä kaupankäyntiä Euroopan yhteisössä. Konedirektiiviä on muutettu viisi kertaa tämän jälkeen. Viimeisin muutos on konedirektiivi 2006/42/EY, joka julkaistiin 9.6.2006. (Neuvoston direktiivi 89/392/ETY, 1989.)

Suomessa konedirektiivi 2006/42/EY vahvistettiin kansalliseen lainsäädäntöön valtioneuvoston asetuksella 400/2008. Asetus tuli voimaan 29.12.2009. Konedirektiivi 2006/42/EY on nykyisten koneturvallisuuden standardien lähtökohtana, direktiivi harmonisoi EU/ETA-alueella ensimmäistä kertaa käyttöön otettavia koneita koskevat säädökset. Konedirektiivi käsittää olennaiset koneiden suunnittelussa käytettävät turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Näiden tekniset vaatimukset kuvataan koneturvallisuuden standardeissa. Koneturvallisuudessa on otettava myös huomioon erityissäädökset ja niihin liittyvät standardit, erityissäädöksiä on esimerkiksi painelaitteissa. (SFS ry, 2013a, s. 2.)

Konedirektiivi edellyttää, että koneen markkinoille saattajan on suoritettava koneen turvallisuussuunnittelu, joka ottaa huomioon koneeseen liittyvät turvallisuus- ja terveysriskit koneen elinkaaren aikana. Konedirektiivi koskettaa muun muassa koneita, koneyhdistelmiä, turvakomponentteja, nivelakseleita, nostoapuvälineitä sekä nostamiseen tarkoitettuja köysiä, ketjuja ja vöitä sekä osittain valmiita koneita. Käytännössä konedirektiivi koskee lähes kaikkia koneita, joita ei koske erikoisdirektiivi. Konedirektiivin ulkopuolella ovat esimerkiksi sotilaalliseen käyttöön tarkoitettut koneet, kuten konekivääri. Direktiivi on velvoittava, eli sitä on pakko noudattaa. Koneturvallisuuden standardit ovat vapaaehtoisia, mutta niitä noudattaessa katsotaan koneen olevan automaattisesti vaatimusten mukainen. (SFS ry, 2013a, s. 2, 4.)

#### 4 STANDARDISOINTIJÄRJESTÖT

Euroopassa alettiin perustaa 1900-luvun alussa kansallisia standardisoimisjärjestöjä teollisuuden aloitteesta. Esimerkiksi Saksan DIN on perustettu vuonna 1917 ja Ruotsin kansallinen standardisointijärjestö on perustettu vuonna 1922. Pitkään standardisoinnin pääpaino oli kansallisella tasolla. Vasta 1960-luvulla standardisoinnin painopiste alkoi siirtyä kansainväliselle tasolle, kun valtioiden välinen kaupankäynti alkoi lisääntyä voimakkaasti. (SFS ry, 2012, s. 11, 14.)

Maailmanlaajuisesta standardisoinnista vastaavat seuraavat järjestöt: ISO, IEC ja ITU. Ensimmäisenä kansainvälisenä standardisoimisjärjestönä voidaan pitää IEC -järjestöä, joka on perustettu vuonna 1906. IEC on kansainvälinen sähkötekniikan standardisoimisjärjestö. Laaja-alaisin kansainvälinen standardisoimisjärjestö on ISO, joka vastaa pääsääntöisesti kaikesta muusta paitsi tele- ja sähköalan standardisoinnista. ISO on perustettu vuonna 1947. Kansalliset standardisoimisjärjestöt ovat ISO:n jäseniä. ISO ja IEC -järjestöt tekevät tiivistä yhteistyötä. Kansainvälinen telealan standardisoimisjärjestö on ITU, joka on YK:n alainen erityisjärjestö. Nämä maailmanlaajuiset järjestöt toimivat Sveitsin Genevestä käsin. (SFS ry, 2012, s. 11, 14.)

Eurooppalaisesta standardisoinnista vastaavat seuraavat järjestöt: CEN, CENELEC ja ETSI. Eurooppalaisten standardisoimisjärjestöjen tehtävä on harmonisoida jäsenmaidensa kansallisia standardeja. Jäsenmaiden velvollisuus on kumota ristiriitaiset kansalliset standardit ja vahvistaa eurooppalaiset standardit kansallisiksi standardeiksi. (SFS ry, 2012, s. 13.)

Laaja-alaisin Eurooppalainen standardisoimisjärjestö on CEN, joka vastaa pääsääntöisesti kaikesta muusta paitsi tele- ja sähköalan standardisoinnista. CEN on perustettu vuonna 1961 ja Suomea CENissä edustaa SFS (Suomen Standardisoimisliitto). CENELEC on Eurooppalainen sähkötekniikan standardisoimisjärjestö, joka on perustettu vuonna 1973, Suomea CENELECissä edustaa SESKO. ETSI on eurooppalainen telealan standardisoimisjärjestö, joka on perustettu vuonna 1988. Suomea ETSI:ssä edustaa Viestintävirasto. (SFS ry, 2012, s. 13.)

Suomessa Standardisoimisliitto SFS ry toimii keskusjärjestönä, jonka jäseniä ovat Suomen valtio ja elinkeinoelämän järjestöt. Standardisointityö on alkanut Suomessa vuonna 1924. (SFS ry, 2013b.)



## 5 STANDARDIN SYNTY

Kirjallisen aloitteen kansallisen standardin laatimisesta tai muuttamisesta voi tehdä yhteisö tai henkilö toimialaa hoitavalle toimialayhteisölle tai jos standardiehdotus ei kuulu minkään TAY:n toimialaan, voi SFS Standardisointilautakunta laatia ehdotuksen. Yleensä toimialayhteisöt vastaavat standardiehdotusten laadinnasta. Toimialayhteisö varmistaa, että onko asiasta olemassa SFS-standardeja ja ettei asiasta ole valmisteilla olevaa vastaavaa eurooppalaista standardia. Toimialayhteisön tehtävänä on myös selvittää, onko standardille tarvetta, ja mitä tahoja standardin ajatellaan koskevan. Standardiehdotuksen on noudatettava mahdollisimman tarkoin kansainvälistä esikuvaa, mikäli tällainen on käytettävissä. (SFS-OPA 4, 2009, s. 2,4,5.)

Jos aihekokonaisuudelle ei ole olemassa olevaa komiteaa, niin TAY voi asettaa työryhmän valmistelemaan standardiehdotusta. Työryhmän laatima ehdotus lähetetään lausuntokierrokselle eri tahoille, joilla on asiantuntemusta sekä etu valvottavanaan. Ehdotusta muokataan tarvittaessa saatujen lausuntojen perusteella ja pyritään yksimielisyyteen sisällönosalta. Kun standardi on saavuttanut hyväksynnän, se toimitetaan SFS:ään vahvistettavaksi. Standardisointilautakunta tarkistaa, että ehdotus on laadittu ohjeiden mukaisesti, ja päättää jatkokäsittelystä. Standardi vahvistetaan yhdellä kielellä ja muille kielille se saatetaan käännoiksi. Standardisointilautakunta vahvistaa kansalliset SFS-standardit. (SFS-OPA 4, 2009, s. 3,6,7.)

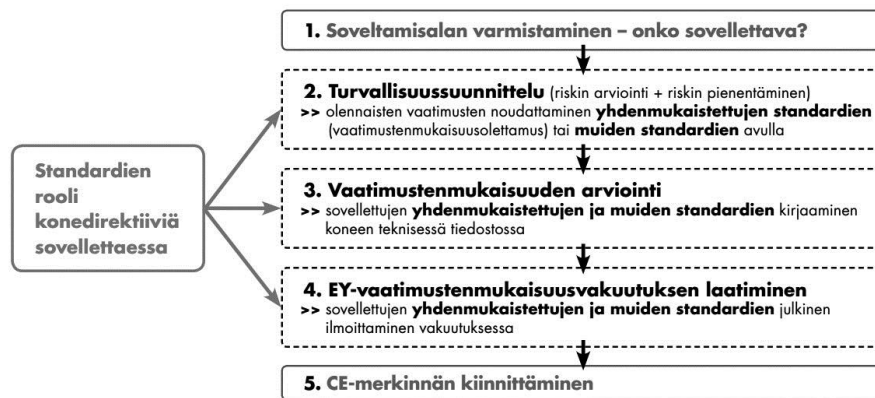
Euroopan unioni teettää standardit siten, että se tilaa johonkin tiettyyn direktiiviin liittyviä standardeja eurooppalaisilla standardisointijärjestöiltä, joita ovat CEN, CENELEC ja ETSI. EU edellyttää että standardi vastaa direktiivissä vaadittavaa turvallisuustasoa. Standardisointijärjestön sääntöjä noudattava standardi vahvistetaan EN -standardiksi. EU:n konsultit arvioivat vielä täyttääkö standardin ratkaisu myös direktiivin vaatimukset. Hyväksytyt yhdenmukaistetun standardin nimi ja numero julkaistaan EU:n virallisessa lehdessä. Yhdenmukaistetulla standardilla tarkoitetaan teknistä eritelmaa, jonka eurooppalainen standardisointijärjestö on vahvistanut ja komissio hyväksynyt. Standardeja ei ole pakko noudattaa, mutta on pystyttävä osoittamaan, että poikkeava ratkaisu on turvallisuustasoltaan standardia ja direktiiviä vastaava. Tavoitteena on, että standardit tarkistetaan viiden vuoden välein. (Siirilä, 2008, s. 26.)

## 6 DIREKTIIVI VELVOITTA VALMISTAJIA

Valmistajan tehtävänä on

- suorittaa direktiivin piiriin kuuluvalla tuotteella tai koneella turvallisuussuunnittelu,
- tehdä vaatimustenmukaisuuden arviointi, johon sisältyy tekninen asiakirja,
- antaa vaatimustenmukaisuusvakuutus
- varustaa tuote CE-merkinnällä.

Kuva 1 havainnoi konedirektiivin soveltamisprosessia.



**Kuva 1.** Standardien rooli konedirektiiviä soveltaessa (SFS ry, 2013a, s.4).

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa arvioidaan, täyttyvätkö tuotteelle asetetut turvallisuusvaatimukset. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatimalla valmistaja ottaa vastuun tuotteen vaatimustenmukaisuudesta, vakuutus on pidettävä saatavilla yhdessä teknisten asiakirjojen kanssa. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta on selvittävä yksilöitävä tuote (esimerkiksi tuotteen sarjanumero ja merkki), jota varten se on laadittu sekä valmistajan nimi ja osoite. Viranomaisten pyydettyä valmistajan on toimitettava jäljennös vakuutuksesta. (SFS-käsikirja 133, 2010, s. 58.)

Teknisellä asiakirjalla tarkoitetaan teknistä erittelyä, joka pitää sisällään arvion, onko tuote vaatimusten mukainen. Arvioon on sisällyttävä asianmukainen analyysi sekä arviointi riskeistä. Teknisten asiakirjojen odotetaan sisältävän seuraavat kohdat:

- yleinen kuvaus tuotteesta
- rakenne- ja valmistuspiirustukset sekä komponenttien, piirien, jne. kaaviot

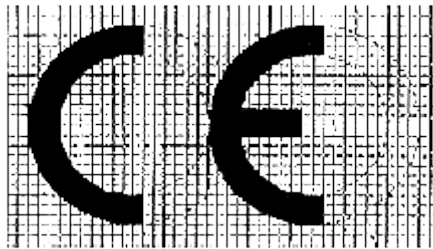
- selventävät kuvaukset ja selitykset piirustuksista, kaavioista ja tuotteen toiminnasta
- luettelo yhdenmukaistetuista standardeista ja asianmukaisista teknisistä erittelyistä
- suunnittelulaskelmat ja tarkastusten tulokset
- testiraportti

Valmistajan velvollisuuksiin kuuluu myös säilyttää tekniset asiakirjat ja vaatimustenmukaisuusvakuutus viranomaisten saatavilla ajan, joka on suhteutettuna tuotteen riskitasoon ja elinkaareen. (SFS-käsikirja 133, 2010, s. 49, 58.)

## 7 CE-MERKINTÄ

CE-merkintä ilmaisee, että tuote täyttää direktiivien vaatimukset ja tuotteelle on suoritettu tarvittavat vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt. Tämä myös tarkoittaa sitä, että valmistaja ottaa kaiken vastuun siitä, että tuote on EU-lainsäädännön mukainen. Uuden lähestymistavan mukaisissa direktiivien kattamissa tuotteissa on pakollinen CE-merkintä, ellei erityisdirektiiveissä toisin säädetä. EU:n jäsenvaltiot eivät saa rajoittaa CE-merkinnällä varustettujen tuotteiden käyttöönottoa Euroopan talousalueella. CE-merkintä ei ole alkuperämerkintä eli merkinnästä ei voida päätellä missä tuote on valmistettu. (SFS-käsikirja 133, 2010, s. 9, 10.)

Alla olevassa kuvassa on esitetty CE-merkintä.



**Kuva 2.** Virallinen CE-merkintä ja sen mittasuhteet (Ajantasainen lainsäädäntö, 2013).

CE-merkinnän korkeus on oltava vähintään 5 mm ja kirjainten on oltava samankorkuiset ja merkintä on kiinnitettävä valmistajan nimen läheisyyteen. Tuotteeseen ei saa tehdä merkintöjä, jotka vaikeuttavat CE-merkinnän tunnistamista. CE-merkintää suurennettaessa tai pienennettäessä sen on noudatettava kirjoitustavan mittasuhteita, jotka näkyvät yllä olevassa kuvassa. (Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400, 2008.)

## 8 KONETURVALLISUUSTANDARDIEN JAOTTELU

Konedirektiiviä tukemaan tarkoitettut turvallisuusstandardit ryhmitellään A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. A-tyyppin standardit esittävät koneturvallisuuden perusfilosofian. Esimerkiksi standardi SFS-EN ISO 12100 ”Koneturvallisuus: yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen” on A-tyyppin standardi. Yleisesti B-tyyppin standardit käsittelevät tiettyä ongelmaa tai turvalaitetta. B-tyyppin standardit jaetaan vielä B1- ja B2-tyyppin standardeihin:

- B1-tyyppi käsittelee yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia, kuten tärinän tai melun hallintaa.
- B2-tyyppi käsittelee suojausteknisiä laitteita, kuten ohjausjärjestelmät.

C-tyyppin standardit koskevat koneryhmän tai tietyn koneen yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. B-tyyppin standardien vaatimuksiin nähden C-tyyppin standardien vaatimukset ovat aina ensisijaisia. Tämä on tärkeä huomioida konetta suunniteltaessa. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s.10.)

## 9 KONEDIREKTIIVIN MUKAINEN TURVALLISUUSSUUNNITTELU

Turvallisuussuunnittelussa tarvittavat perusteet vaarojen tunnistamiseksi, niistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi, sekä riskin pienentämisen peruseriaatteet ja pääasialliset käytettävissä olevat tekniset periaatteet on käsitelty standardissa SFS-EN ISO 12100 (2010). Tämä kansainvälinen standardi toimii myös perustana A-, B- ja C-tyypin standardeja laadittaessa. Esimerkkejä riskinarvion käytännön menetelmistä löytyy ISO:n teknisestä raportista SFS-ISO/TR 14121-2. Seuraavissa kappaleissa käsitellyt asiat perustuvat edellä mainittuun standardiin ja tekniseen raporttiin. Turvallisuussuunnittelun pääkohdat ovat riskin arviointi ja sen pienentäminen.

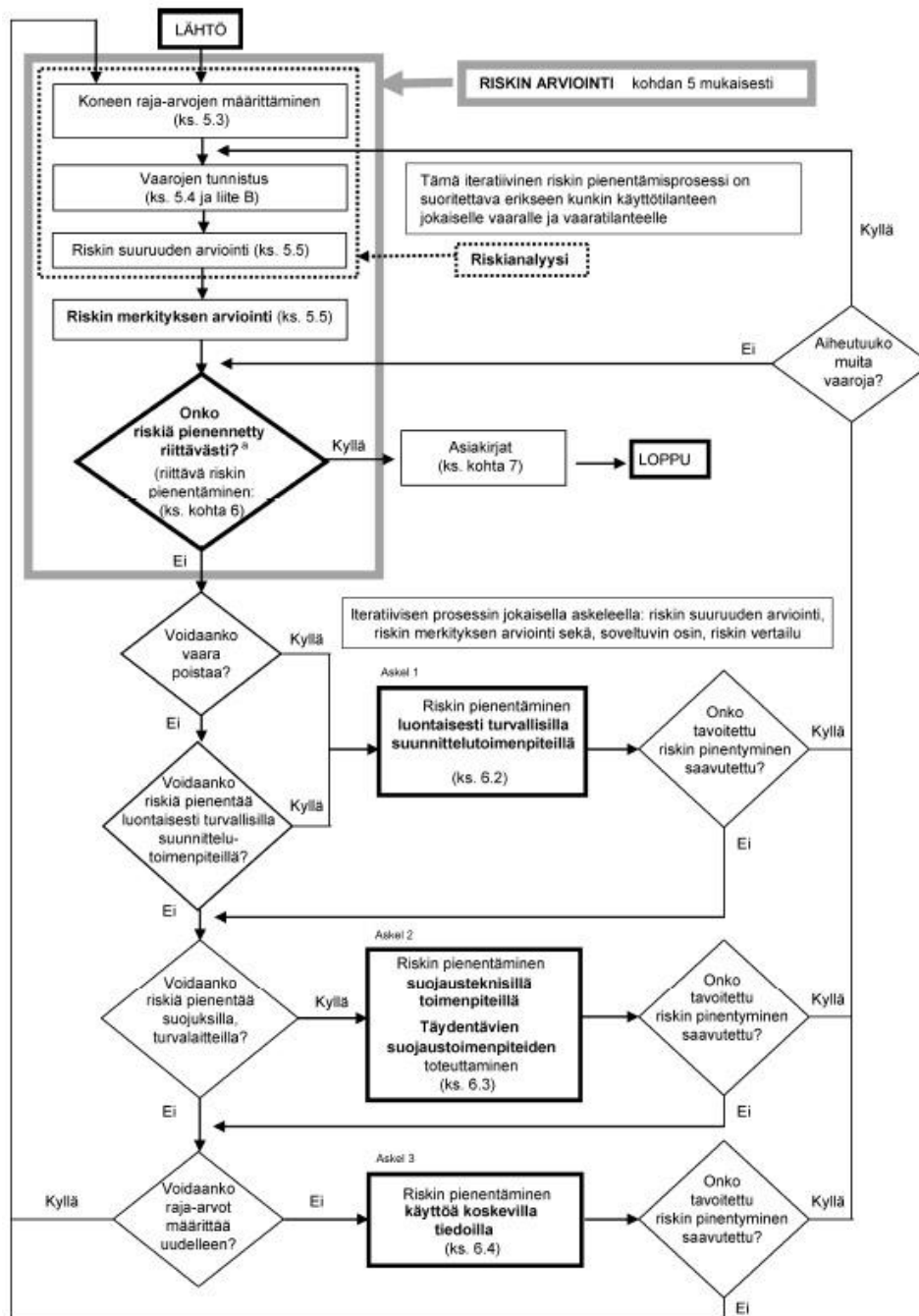
Turvallisuussuunnittelussa riski tarkoittaa vahingon vakavuuden ja sen esiintymistodennäköisyyden yhdistelmää. Riskinarviointi koostuu riskianalyysistä ja analyysin perusteella tehtävistä päätöksistä. Päätöksissä tärkein asiakohta on selvittää, että onko riskin vähentämisen tavoitteet saavutettu. Riskin arviointi on hyödyllistä tehdä konetta suunniteltaessa, sillä mahdollisesti riskin pienentämiseen tarvittavat muutokset myöhemmässä vaiheessa ovat yleensä tehottomampia ja kalliimpia. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s.16.)

Standardissa SFS-EN ISO 12100 ohjeistetaan, että riskin arvioimiseksi suunnittelijan on toteutettava seuraavat toimenpiteet alla olevassa järjestyksessä:

- määritettävä koneen raja-arvot,
- tunnistettava vaarat,
- arvioitava riskin suuruus,
- arvioitava riskin merkitys,
- poistettava vaara tai pienennettävä vaaraan liittyvää riskiä.

Riskianalyysillä tarkoitetaan koneen raja-arvojen määrittämistä, vaarojen tunnistusta ja riskin suuruuden arviointia. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 28.)

Kuvassa 3 on esitetty standardissa SFS-EN ISO 12100 (2010) oleva ”3-askeleen menetelmä”. Menetelmää sovelletaan iteratiivisesti kuvan kaavion askeleitten mukaan. Tällä prosessilla pyritään saavuttamaan riittävä riskien pienentyminen tai riittävä hallinta. Iteratiivinen tarkoittaa sitä, että menetelmä käydään uudestaan läpi aikaisemmat korjatut tulokset huomioiden. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 36.)



**Kuva 3.** Riskin pienentämisprosessi kolmen askeleen menetelmänä (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 10).

### 9.1 Vaarojen tunnistus

Vaara määritellään vahingon mahdolliseksi lähteeksi. Luonnollisesti vaarojen tunnistaminen on suoritettava ennen kuin voidaan poistaa tai pienentää vaaraan liittyvää riskiä. Ennakoitavissa olevien vaarojen tunnistaminen on suoritettava koneen eliniän vaiheiden aikana. Nämä ovat kuljetus, kokoonpano ja asennus; käyttöönotto; käyttö; ja purkaminen, käytöstä poisto ja romuttaminen. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 38.)

Suunnittelijoiden on otettava huomioon vaaroja tunnistettaessa ihmisten vuorovaikutus koneen koko elinkaaren ajan, koneen mahdolliset toimintatilat, käyttäjän tarkoittamaton käyttäytyminen tai kohtuudella ennakoitavissa oleva koneen väärinkäyttö. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 39.) Standardin SFS-EN ISO 12100 liitteessä olevaan taulukkoon on kerätty esimerkkejä vaaroista niiden tunnistamisen helpottamiseksi. Esimerkit on jaoteltu mekaanisiin vaaroihin, sähköstä, lämpötilasta, melusta, värinästä, säteilystä, materiaaleista tai aineista, ergonomiasta johtuviin vaaroihin sekä koneen käyttöympäristöön liittyviin vaaroihin ja vaarojen yhdistelmiin. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 106, 107, 110, 112.)

## 9.2 Koneen raja-arvot

Raja-arvoilla tarkoitetaan koneen suoritusarvoja ja ominaisuuksia, joihin liittyvät ihmiset tuotteet ja ympäristö. Koneen raja-arvoja sisältävät käyttöraja-arvot, tilarajat, aikarajat ja muut rajat.

Käyttöraja-arvoissa tarkastellaan koneen käyttöä sekä siihen liittyvää mahdollista väärinkäyttöä. Käytössä huomioidaan koneen käyttäjien fyysiset rajoitukset, koulutustaso ja kokemus. Esimerkiksi standardissa SFS-EN 547-3 + A1 (2008) käsitellään yleisiä ihmisen mittoja. Käyttörajoissa on myös otettava huomioon mahdollisten muiden henkilöiden kuin käyttäjän altistuminen koneen vaaroille. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 36.)

Tilarajoissa otetaan huomioon koneen liikkeen laajuus, koneen kanssa tekemisissä olevien henkilöiden tilantarve myös kunnossapidossa, käyttäjä-kone -rajapinta sekä kone-tehonsyöttö -rajapinta. Käyttäjän ja koneen välistä vuorovaikutusta kutsutaan käyttäjä-kone -rajapinnaksi. Tähän vaikuttaa oleellisesti ohjaimet ja koneen antama palaute. Kone-tehonsyöttö -rajapinnalla tarkoitetaan koneen ja tehonsyötön vuorovaikutusta. Tehonsyötön häiriöt eivät saa aiheuttaa koneessa arvaamatonta toimintaa. Tehonsyötön häiriöitä koneelle voi aiheuttaa esimerkiksi jännitteen tai paineen vaihtelu. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 35, 36.)

Aikarajat käsittelevät koneen oletettua elinikää, ottaen huomioon koneen mahdollista väärinkäyttöä. Aikarajoissa määritetään suositeltavat huoltovälit. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 38.) Muut raja-arvot ottavat huomioon koneessa käsiteltävän materiaalin ominaisuudet, koneen toiminnan ja turvallisuuden kannalta vaadittava puhtaustason ja ympäristöön liittyvät tekijät, kuten sääolot. Esimerkkinä standardin SFS-EN 1991-4 (2011) liitteessä E on



määritelty kiintoaineiden ominaisuuksia, kuten materiaalin tilavuuspaino. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 38)

### 9.3 Riskin suuruuden arviointi

Tunnistetuille vaaroille on suoritettava riskin suuruuden arviointi. Arvioinnissa on otettava huomioon riskin osatekijät. Osatekijöitä ovat vahingon esiintymistodennäköisyys ja vahingon vakavuus. Esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa henkilöiden altistuminen vaaroille, vaarallisten tapahtumien esiintyminen ja mahdollisuudet rajoittaa tai välttää vahinkoa. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 42.)

Vahingon vakavuuden terveydellisiä haittoja voidaan arvioida karkeasti seuraavalla jaottelulla: lievä, vaikea, kuolema. Vahingon laajuudetta voidaan arvioida altistuneiden henkilöiden lukumäärällä. Henkilöllä vahingolle altistumisen todennäköisyyteen vaikuttaa koneen vaaravyöhykkeelle pääsyn syy, luonne ja vyöhykkeellä oloaika sekä henkilöiden lukumäärä, joilla on pääsy vaaravyöhykkeelle ja kuinka usein he sinne pääsevät. Tilastolliset tiedot auttavat arvioimaan vahingon esiintymisen laajuutta. Näitä ovat tiedot terveyshaitoista, tapaturmatiedot, luotettavuutta koskevat tiedot sekä riskien vertailua koskevat tiedot. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 44.)

Vahinkoa rajoittamalla tai välttämällä voidaan vaikuttaa vaarallisten tapahtumien todennäköisyyteen. Vahinkoa vähentäviin tekijöihin huomioitavia asioita ovat henkilöiden ammattitaito, vaaraan johtavan tapahtuman nopeus, tietoisuus riskistä ja sen olemassaolosta sekä käytännön tietämys ja kokemus käytettävästä koneesta. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 44, 46.)

Muita riskin suuruuden arvioinnissa huomioon otettavia tekijöitä ovat:

- kaikki altistuvat henkilöt
  - altistumisen tapa, taajuus ja kesto
  - altistumisen ja sen vaikutusten suhde,
  - inhimilliset tekijät,
  - suojaustoimenpiteiden sopivuus, kiertäminen ja ylläpito sekä käyttöä koskevat tiedot.
- (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 46, 48.)

Koneen työmenetelmät ja toimintatavat on analysoitava altistumistapoja selvittäessä. Analyysiä tehtäessä on tunnettava vaaravyöhykkeelle pääsyntarpeet esimerkiksi koneen käytön, vianetsinnän tai huollon aikana. Tämä myös käsittää tehtävät, joiden aikana

esimerkiksi koneen suojalaitteet on kytketty pois käytöstä. Altistumisen ja sen vaikutusten suhteella tarkoitetaan vaaratilanteesta aiheutuvaa vakavuutta. Tässä on myös huomioitava vaikutukset, jotka johtuvat useammasta altistavat tekijästä. Näiden näkökohtien on perustuttava yleisesti tunnustettuihin tietoihin, kuten tapaturmatiedot. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 46.)

Inhimillisillä tekijöillä tarkoitetaan ihmisille ominaisia tekijöitä:

- henkilöiden keskinäinen tai koneen välinen vuorovaikutus,
- stressi,
- väsymys,
- henkilöiden kyvyt sekä heikentyneet kyvyt.

Edellä mainituista tekijöistä mikään ei saa vaikuttaa pienentävästi riskin suuruuteen, sitä arvioitaessa. Suojaustoimenpiteitä sopivuutta arvioitaessa on ensin tunnistettava olosuhteet, jotka voivat aiheuttaa vahingon. Suojaustoimenpiteiden valinta eri vaihtoehtojen osalta on perustuttava tuotettuihin tietoihin riskin suuruutta arvioitaessa. Suojaustoimenpiteiden helppokäyttöisyys ja tarkoituksenmukaisuus vähentää syytä kiertää tai ohittaa esimerkiksi koneen turvalaitteet. Arvioinnissa on huomioitava myös mahdolliset syyt suojaustoimenpiteiden ohittamiselle kuten suojauslaitteiden työläs ylläpito. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 48.)

Koneen käyttöä koskevat tiedot ovat osa koneen suunnittelua. Tiedot kattavat muun muassa koneen turvallisen ja oikean käytön. Koneen käyttöä koskevat tiedot on voitu sijoittaa itse koneeseen merkinnöillä tai varoitusteksteinä tai esimerkiksi koneen ulkopuolella olevilla merkinantolaitteilla. Koneen mukana toimitettavissa asiakirjoissa esimerkiksi käyttöohjekirja on koneen käyttöä koskeva asiakirja. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 94.)

#### 9.4 Riskin merkityksen arviointi

Päätös, tarvitaanko riskin pienentämistä, perustuu riskin merkityksen arviointiin. Lähtötiedot riskin merkityksen arviointiin saadaan riskianalysistä. Kuvan 2 kaavio havainnoi mitä riskianalyysi käsittää ja mikä on sen asetelma riskin arvioinnissa. Riskiä voidaan pienentää sopivalla suojaustoimenpiteellä. Tämä edellyttää, että pienentämisen riittävyys tarkastellaan standardissa SFS-EN ISO 12100 (2010) esitetyn ”3-askeleen menetelmän” mukaisesti. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 5, 50.)



## 9.6 Luontaiset turvalliset suunnittelutoimenpiteet

Koneen rakenneominaisuuksien sopivalla valinnalla tai koneen ja henkilöiden vuorovaikutustavan avulla pienennetään tai vältetään riskejä. Koneen ominaisuuksien kannalta ominaiset suojaustoimenpiteet pysyvät todennäköisesti koneen eliniän toimivina ratkaisuna. ”3-vaiheen menetelmässä” luontaiset turvalliset suunnittelutoimenpiteet ovat riskin vähentämisprosessin tärkein ja ensimmäinen askel. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s.52.)

Koneen rakenneominaisuuksia suunniteltaessa huomioon otettavia asioita ovat:

- geometriset tekijät,
- fyysiset näkökohdat,
- koneensuunnittelua koskevan yleisen teknisen tietämyksen huomioonottaminen,
- sopiva teknologian valinta,
- mekaanisen pakkotoimisuuden periaatteen soveltaminen,
- vakavuudesta huolehtiminen,
- kunnossapidettävyydestä huolehtiminen,
- ergonomisten periaatteiden huomioonottaminen,
- sähköstä johtuvat vaarat,
- pneumaattiset tai hydrauliset vaarat sekä
- luontaisesti turvallisten suunnittelutoimenpiteiden soveltaminen ohjausjärjestelmiin.

(SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 54, 56, 58.)

Geometriset tekijät liittyvät muun muassa esteettömään näkemiseen työalueelle tai vaaravyöhykkeelle konetta käytettäessä, mekaanisten komponenttien sijaintiin ja muotoon sekä työasentojen ergonomiaan. Fyysisiä tekijöitä ovat muun muassa liikkuvien osien käyttövoiman ja liike-energian rajoittaminen ja päästöjen vähentäminen esimerkiksi melupäästön ja värinäpäästön. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 54.)

Yleisellä teknisellä tietämyksellä tarkoitetaan muun muassa suunnittelua koskevia standardeja, laskentasääntöjä, suunnitteluhjeita huomioiden myös suunnittelussa käytettävien turvallisuuden kannalta kriittisten rasitusten arvot kerrottuina varmuuskertoimilla. Sopivalla teknologialla tarkoitetaan vaihtoehtoisista teknologioista vähiten riskiä aiheuttavan menetelmän valitseminen. Mekaaninen pakkotoimisuus tarkoittaa sitä, että liikkuva mekaaninen rakenneosaa pakottaa toisen rakenneosan siirtymään mukana. Tätä hyödynnetään sähkökytkimissä. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s.56.)

Vakavuudesta huolehtiminen pitää sisällään muun muassa koneen perustukset, painon jakautumisen, ulkoiset ja dynaamiset voimat. Kunnossapidettävyydestä huolehtimisella haetaan koneen esteetöntä ja helppoa kunnossapitoa Ergonomisten periaatteiden huomioon ottaminen pienentää henkilöön kohdistuvia fyysisiä ja henkisiä rasituksia sekä edesauttaa koneen helppokäyttöisyydessä. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 58.)

Sähköistä johtuvat vaarat käsittelee sähkölaitteiden yleisiä vaatimuksia. Pneumaattiset tai hydrauliset vaarat ehkäistään huomioimalla muun muassa paineen heilahtelut, vuodot sekä aiheesta olemassa olevat säädökset ja standardit. Luontaisesti turvallisten suunnittelutoimenpiteiden soveltamisella ohjausjärjestelmiin pyritään välttämään koneen hallitsematon ja vaarallinen käyttäytyminen. Ohjausjärjestelmien suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa tehonlähteen ja tehonsyötön sekä mekanismin käynnistymiseen, keskeytymiseen tai pysähtymiseen liittyviä vaaratekijöitä. Standardi SFS-EN ISO 12100 (2010) käsittelee myös ohjelmoitavilla elektronisilla ohjausjärjestelmillä toteutettavia turvatoimintoja, laitteisto- ja ohjelmistonäkökohdista. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s.60, 62.)

#### 9.6.1 Suojaustekniset toimenpiteet ja täydentävät suojaustoimenpiteet

Turvalaitteita, suojuksia ja täydentäviä suojaustoimenpiteitä kuten hätäpysäytyslaitteita on käytettävä, kun luontaiset turvalliset suunnittelutoimenpiteet eivät vähennä riittävästi riskejä. Suojaustoimenpiteissä määritellään suojuksen tyypit, lukintatapa ja vaatimukset. Kohdassa otetaan myös kantaa turvalaitteiden valintaan. Esimerkiksi tunnistavien turvalaitteiden tyyppejä ovat tuntomatot, tuntolistat, tuntoköydet, laserskannerit, valoverhot. Suojaustekniset toimenpiteet käsittelevät myös suojautumista päästöjä vastaan. Päästöillä tarkoitetaan muun muassa melua, tärinää ja säteilyä. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 86, 88, 90)

Täydentäviä suojaustoimenpiteitä ovat:

- hätäpysäytyslaitteet,
- toimenpiteet loukkuun jääneiden henkilöiden pelastamiseksi,
- tehonsyötöstä irtikytkytyminen ja energian purku,
- varautuminen koneiden painavien osakomponenttien turvalliseen käsittelyyn sekä
- toimenpiteet koskien turvallista pääsyä ja kulkemista koneessa.

(SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 90, 92.)

#### 9.6.2 Käyttöä koskevat tiedot

Koneen käyttöä koskevat tiedot tarkoittavat tietoa, joka välitetään koneen käyttäjälle. Tiedoissa ohjeistetaan koneen oikeaoppiseen ja turvalliseen käyttöön. Tarvittaessa tiedoissa

on tiedotettava koneen riskeistä, jotka jäävät jäljelle suojaustoimenpiteiden toteuttamisen jälkeen. Tiedoissa on myös esitettävä henkilösuojainten, turvalaitteiden sekä koulutuksen tarve. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 98, 100.)

Käyttöä koskevissa tiedoissa käsitellään merkinantoa, varoituslaitteita, merkintätapaa, varoitustekstejä, mukana toimitettavia asiakirjoja kuten käyttöohjekirja. Käyttöohjekirjan on sisällettävä tietoja itse koneesta ja koneen käyttöönotosta, käytöstä, kunnossapidosta sekä hätätilanteita koskevia tietoja. Kohdassa käyttöä koskevat tiedot käsitellään myös käyttöohjekäsikirjan laatimista. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 98, 100.)

#### 9.7 Riskin pienentämisen ja arvioinnin asiakirjat

Arvioinnin ja riskin pienentämisen asiakirjojen on sisällytettävä seuraavat asiat:

- tiedot koneesta ja siihen tehdyistä olettamuksista
- tunnistetut vaarat ja mihin niiden arviointi on perustunut
- tiedot riskin pienentämistavoitteista
- tiedot tehdyistä suojaustoimenpiteistä tunnistettujen vaarojen poistamiseksi
- tiedot koneen jäännösriskeistä

Asiakirjoihin on lisättävä vielä riskin arvioinnin lopputulos ja arvioinnin kuluessa täydennetyt lomakkeet. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 102.)

#### 9.8 Menetelmien esittely

Riskin suuruuden arvioinnin tueksi on olemassa monia menetelmiä. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2 (2013) esitetyt menetelmiä. Usein riskin suuruuden arvioinnin apuna käytetään jotain seuraavista menetelmistä: riskimatriisi, riskigraafi tai numeerinen pisteytys. Lisäksi on olemassa menetelmiä, jotka perustuvat muun muassa edellä mainittujen menetelmien yhdistelmiin. (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s.22.)

Ennen riskin suuruuden arviointimenetelmien käyttöä on tunnistettava koneen ominaiset vaarat. Ominaisten vaarojen tunnistamisen lähtökohtana voidaan käyttää Standardin SFS-ISO 12100 (2010) liitteessä B olevia taulukoita. Taulukoissa on esimerkkejä vaaratilanteista, vaarallisista tapahtumista ja vaaroista. Laaja-alaisemmin vaaran tunnistamiseksi olisi hyvä huomioida standardit, säädökset sekä hyödyntää teknistä tietämystä.

### 9.8.1 Riskimatriisi

Yleisemmin käytetyt riskimatriisit ovat kaksiulotteisia. Ideana riskimatriisissa on tunnistaa yksittäisen vaaratilanteen arvioitu riskin suuruusluokka. Riskimatriisissa riskinosatekijät yhdistämällä, eli todennäköisyys ja vakavuus, saadaan alustava riskitaso. Menetelmänä riskimatriisi on tehokas ja yksinkertainen riskin suuruuden arvioinnin menetelmä. Riskimatriisin riskitason luokkien lukumäärä voi olla suurempi kuin taulukon 1 esimerkissä. (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s. 24, 26.)

Taulukko 1. Riskimatriisi (SFS-ISO/TR 14121-2, s. 24).

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Tuhoisa	Vaikea	Kohtalainen	Vähäinen
Erittäin todennäköinen	<b>Suuri</b>	<b>Suuri</b>	<b>Suuri</b>	<b>Keskimääräinen</b>
Todennäköinen	<b>Suuri</b>	<b>Suuri</b>	<b>Keskimääräinen</b>	<b>Pieni</b>
Epätodennäköinen	<b>Keskimääräinen</b>	<b>Keskimääräinen</b>	<b>Pieni</b>	Merkityksetön
Erittäin epätodennäköinen	<b>Pieni</b>	<b>Pieni</b>	Merkityksetön	Merkityksetön

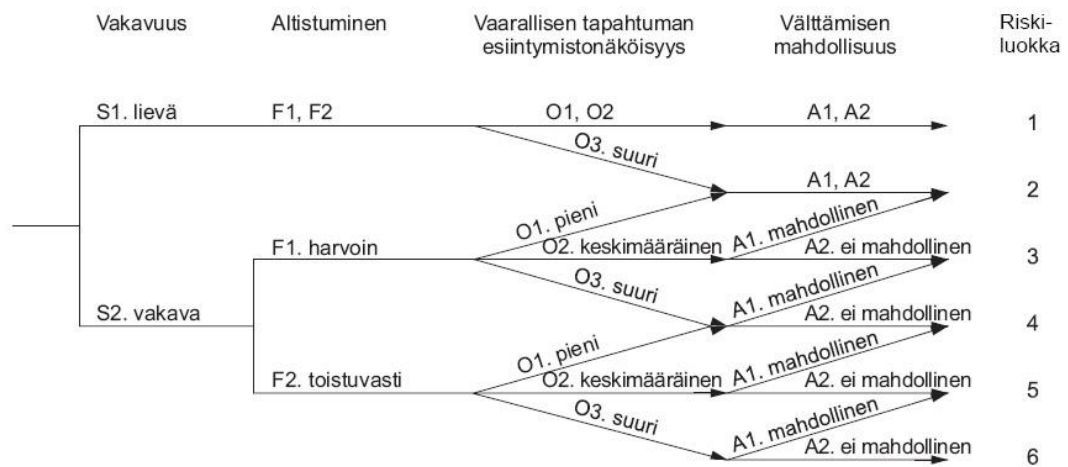
Riskin suuruusluokka voidaan ilmaista laadullisina termeinä, kuten suuri, keskimääräinen tai pieni. Sama asia voidaan ilmaista myös indeksinä tai kertoimena. Esimerkiksi A-D tai 1-6. (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s. 22).

Taulukossa 1 olevassa riskimatriisissa on neljä todennäköisyystasoa, jotka ovat erittäin todennäköinen, todennäköinen, epätodennäköinen ja erittäin todennäköinen. Riskimatriisissa on myös neljä vakavuustasoa, jotka ovat tuhoisa, vaikea, kohtalainen ja vähäinen.

### 9.8.2 Riskigraafi

Riskigraafin käyttökohde on riskiluokan määrittäminen vaaratilanteille, joiden seurauksena on yhtäkkinen vahinko. Siksi se ei sovellu juurikaan terveyteen liittyvien vaarojen arvioimiseen kuten tärinästä aiheutuviin vaaroihin. Tässäkin menetelmässä on aluksi tunnistettava mahdolliset vaarat ja vaaratilanteet. (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s. 30.)

Kuvassa 5 on esimerkki riskin suuruuden arviointiin käytettävästä riskigraafista. Sen etenemissuunta on vasemmalta oikealle. Vasemmalta aloituspisteestä lähdetään liikkeelle ja edetään solmuissa valittujen luokkien mukaan kohti oikealla olevaa riskiluokkaa. Solmukohdista lähtevät haarat edustavat eri parametreja, joiden perusteella saadaan arvioitua riskiluokkaa. Kuvan 5 esimerkissä pelkästään kirjaimia ja numeroita käyttämällä voidaan yksinkertaistaa ja selkeyttää riskigraafia. Esimerkissä näkyvät myös sanalliset selitykset kirjainten ja numeroiden lisäksi. Tässä esimerkissä riskiluokan suuruus on arvioitu numeroilla 1-6. 1 ja 2 tarkoittavat pientä riskiä. 3 ja 4 vastaavat keskimääräistä riskiä. Riskiluokat 5 ja 6 tarkoittavat suurinta riskiä. (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s. 26.)



**Kuva 5.** Riskigraafi (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s. 30).

### 9.8.3 Numeerinen pisteytys

Riskin numeerinen pisteytys perustuu muuttujiin, joiden pisteet lasketaan yhteen. Pisteiden määrällä voidaan arvioida riskin suuruutta. Muuttujat ovat seurausten vakavuus ja vahingon esiintymistodennäköisyys. Vakavuuden ja esiintymistodennäköisyyden pisteiden yhteenlaskeminen voidaan suorittaa käyttämällä esimerkiksi seuraavaa yhtälöä:

$$PS + SS = RS \quad (1)$$

,jossa PS on vakavuuden pistemäärä, SS on vahingon esiintymistodennäköisyys ja RS on riskin numeerinen pisteytys.

Taulukkoon 2 on määritetty vakavuuden eri luokkien pistemäärät. Taulukossa 3 on todennäköisyyden eri luokkien pistemäärät. Nämä yhteen laskemalla saadaan riskin pistemäärä ja riskiluokan määrittäminen saadaan taulukosta 4.



Taulukko 2. Vakavuuden pistemäärä (PS) (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s.3).

	PS	=	100	→	Erittäin todennäköinen	
99	≥	PS	≥	70	→	vaikea
69	≥	PS	≥	30	→	kohtalainen
29	≥	PS	≥	0	→	vähäinen

Taulukko 3. Todennäköisyyden pistemäärä (SS) (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s.32).

	SS	=	100	→	tuhoisa	
99	≥	SS	≥	90	→	todennäköinen
89	≥	SS	≥	30	→	epätodennäköinen
29	≥	SS	≥	0	→	vähäinen

Taulukko 4. Riskin pistemäärän luokitus (RS) (SFS-ISO/TR 14121-2, 2013, s.32).

-	suuri	≥	160	
159	≥	keskimääräinen	≥	120
119	≥	pieni	≥	90
89	≥	merkityksetön	≥	0

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli tarkastella turvallisuussuunnittelua painottaen siihen sisältyvää riskin arviointia ja sen menetelmiä. Tarkastelun kohteena ei ollut mikään tietty kone tai laite, siksi aiheeseen perehdyttiin yleisellä tasolla. Tämä osaltaan vaikeutti tutkielman rajaamista. Tämän vuoksi päädyttiin käymään melko tarkasti läpi kansainvälisen SFS-EN ISO 12100:2010 standardia, joka toimii perustana turvallisuusstandardeille.

Konedirektiivin velvoittavaa turvallisuussuunnittelua tehtäessä on välttämätöntä, että joku työryhmän jäsenestä on tutustunut tarkemmin SFS-EN ISO 12100:2010 standardiin ja SFS-ISO/TR 14121-2 tekniseen raporttiin. Tämä edes auttaa hahmottamaan paremmin mahdollisten riskitekijöiden kokonaisuuden ja samaan aikaiseksi riittävä riskin vähentyminen sovellettavassa kohteessa.

Turvallisuusratkaisujen suunnittelussa ja arvioinnissa on tarkoitus ottaa huomioon myös muutkin koneturvallisuuteen vaikuttavat tekijät kuin yhdenmukaistetuissa standardeissa esitetyt. Tämä edellyttää suunnittelijoilta kokemusta turvallisuusratkaisuista. Direktiivit ja standardit ovat muuttuvaisia. Tämän takia on tärkeä tarkistaa turvallisuustekniikan nykytaso ajan tasalla olevista standardeista, että myös saatavilla olevista turvallisuusratkaisuista. Standardien ajan tasalla oleva tilanne on tarkistettavissa standardisointijärjestöjen nettisivuilta.

## LÄHTEET

Neuvoston direktiivi 89/392/ETY. Neuvoston direktiivi 14.6.1989 koneita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Virallinen lehti nro L 183, 29.6.1989. [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0392:FI:HTML>

SFS ry. 2012. SFS-käsikirja 1: Standardit ja standardisointi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. 39 s.

SFS ry. 2013a: Koneturvallisuuden standardit. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [www.sfs.fi/files/63/sfs\\_koneturvallisuuden\\_esite\\_netti.pdf](http://www.sfs.fi/files/63/sfs_koneturvallisuuden_esite_netti.pdf). 11 s.

SFS ry. 2013b. Eurooppalainen standardisointi. [SFS ry:n www-sivuilla]. [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [http://www.sfs.fi/sfs\\_ry](http://www.sfs.fi/sfs_ry)

SFS-EN 1991-4. 2011. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 4: Siilot ja säiliöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 201 s. Vahvistettu 25.9.2006

SFS-EN 547-3 + A1. 2008. Koneturvallisuus. Ihmisen mitat. Osa 3: antropometriset tiedot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 18 s.

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 13.12.2010.

SFS-ISO/TR 14121-2. 2013. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.1.2013.

SFS-käsikirja 133. 2010. CE-merkintä. Perustiedot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. 113 s.

SFS-OPA 4. 2009: Kansallisen SFS-standardin laadinta ja rakenne. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [www.sfs.fi/files/66/SFS-OPAS\\_4\\_2009.pdf](http://www.sfs.fi/files/66/SFS-OPAS_4_2009.pdf)

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Espoo: Inspecta. 462 s.

Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400. 2008. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>